

Изделия из керамики на основе оксида алюминия, нитрида алюминия и оксида бериллия от АО «ТЕСТПРИБОР»

А. Щербина¹, Л. Федорович²

УДК 666.3-135 | ВАК 05.27.06

Миниатюризация, создание высокоинтегрированных сборок и модулей при непрерывном повышении производительности электроники приводит к проблеме эффективного отвода тепла от электронных компонентов. Одним из путей ее решения в силовой электронике и микроэлектронике является применение в качестве подложек материалов с высокой теплопроводностью. В АО «ТЕСТПРИБОР» освоены технологии изготовления однослойных и многослойных печатных плат и подложек из керамики на основе оксида алюминия, нитрида алюминия и оксида бериллия, которые обеспечивают высокую надежность различных изделий, в частности мощных РЧ- и СВЧ-передатчиков, силовых транзисторов и преобразователей, в условиях больших токов и высоких температур.

По мере повышения уровня мощности, эффективности, надежности и прочности электронных изделий ужесточаются требования к керамическим материалам, которые характеризуются рядом параметров, в частности максимальной рабочей температурой (МРТ), коэффициентом теплового расширения (КТР), электрической изоляцией (удельным сопротивлением), теплопроводностью и относительной диэлектрической проницаемостью. Для керамических материалов отработаны технологии нанесения тонких или толстых пленок, которые, помимо создания металлизации, позволяют реализовать пленочные компоненты, такие как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности.

Освоенные в АО «ТЕСТПРИБОР» изделия из керамических материалов на основе Al_2O_3 (чистота 92, 96 и 99%), AlN

и BeO отличаются высокой теплопроводностью, низким коэффициентом теплового расширения, низкими диэлектрическими потерями и высокой механической прочностью (табл. 1 и 2). Компания изготавливает и поставляет спеченные керамические пластины толщиной от 0,127 до 2 мм различного состава.

Металлизация подложек и изделий из керамики осуществляется по толстопленочной технологии путем нанесения и вжигания паст, содержащих молибден и вольфрам, толщиной от 25 до 50 мкм (рис. 1). Возможно нанесение металлизации медью толщиной до 300 мкм для применения в силовых модулях на основе IGBT.

В процессе изготовления изделий выполняется механическая обработка керамики (резка, скрайбирование, прошивка отверстий) (рис. 2).

Металлизация (печать) наносится как на индивидуальные, так и на групповые заготовки, при этом расстояние между проводниками составляет не менее 50 мкм (рис. 3).

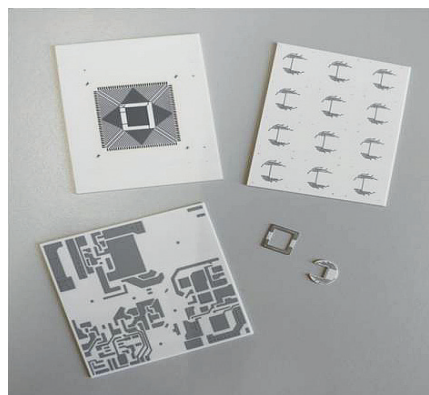


Рис. 1. Образцы керамических подложек с металлизацией



Рис. 2. Механическая обработка керамики

¹ АО «ТЕСТПРИБОР», начальник отдела развития и технической поддержки.

² АО «ТЕСТПРИБОР», инженер-технолог гальванического производства.

Таблица 1. Характеристики керамических материалов для силовой электроники

Материал (чистота)	Оксид алюминия (99,5%)	Оксид алюминия (96%)	Оксид бериллия (99,5%)	Нитрид алюминия
Химическая формула	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	BeO	AlN
Температура плавления, °С	2072	2072	2514–2626	2397–2507
Максимальная рабочая температура, °С	1750	1700	800–2045	1027–727
Коэффициент теплового расширения, 1·10 ⁻⁶ /°С	7–8,4	8,2	7,4–9	4,3–9
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	880	880	750–1020	740–820
Диэлектрическая проницаемость	9,8	9	6,1–7,5	8,3–9,3
Объемное удельное сопротивление, Ом·см	>1·10 ¹⁴	>1·10 ¹⁴	>1·10 ¹⁶	>1·10 ¹⁴

Таблица 2. Типы и характеристики подложек из керамических материалов

Материал подложки	Чистота, %	Шероховатость поверхности А, мкм	Шероховатость поверхности В, мкм	Теплопроводность, Вт/м·°К	Диэлектрическая проницаемость (на частоте 1 МГц)	Тангенс угла диэлектрических потерь (на частоте 1 МГц)
Оксид алюминия	99,6	3	3	26,9	9,9±0,1	0,0001
Полированный оксид алюминия	99,6	1	1/12	26,9	9,9±0,1	0,0001
Нитрид алюминия	98	3	3	170	8,6	0,001
Оксид бериллия	99,5	3	10	270	6,5	0,0004

Высокое качество нанесения металлизации (толщина и стабильность) достигается благодаря использованию высококачественных материалов (паст), строгому контролю параметров материалов и трафаретов и применению высокоточных установок трафаретной печати. Процесс вжигания металлизационных паст выполняется в колпаковых печах в контролируемой азотно-водородной среде при температуре в диапазоне 1300–1700 °С (рис. 4).

В АО «ТЕСТПРИБОР» освоены также процессы химического и электрохимического нанесения покрытия из никеля и золота:

- электрохимическое никелирование – толщина покрытия до 30 мкм;
- электрохимическое никелирование сплавом никель-фосфор – толщина покрытия до 30 мкм;
- химическое никелирование никель-фосфор и никель-бор – толщина покрытия до 10 мкм;
- химическое золочение – толщина покрытия до 2,5 мкм.

Если на детали большое количество изолированных поверхностей (например, на печатных платах) или изделие

сложной формы, предпочтительно использовать химический способ нанесения покрытия. Такая технология позволяет значительно повысить качество покрытия.

Для формирования подслоя под золотое покрытие, а также в других технологических целях, в частности при металлизации тугоплавкими материалами (молибденом, вольфрамом), на керамических подложках применяются покрытия сплавами никель-бор и никель-фосфор. Толщина покрытия, как правило, не превышает 10 мкм.

При необходимости на никелевое покрытие наносится слой золота химическим или иммерсионным способами, при этом можно гарантировать толщину покрытия

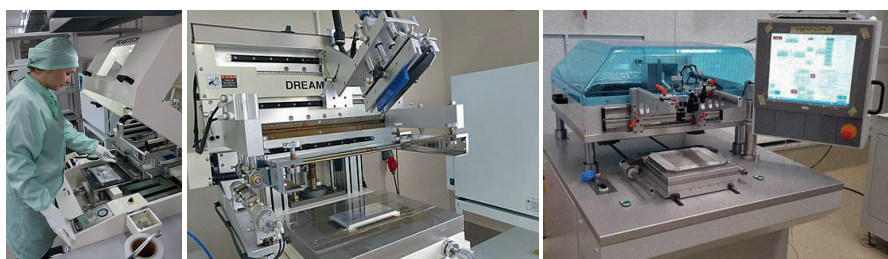


Рис. 3. Оборудование для нанесения металлизации на керамические подложки



Рис. 4. Вжигание металлизационных паст в колпаковой печи

до 2,5–3 мкм (рис. 5). Как показали испытания, такое покрытие сохраняет паяемость и антикоррозионные свойства.

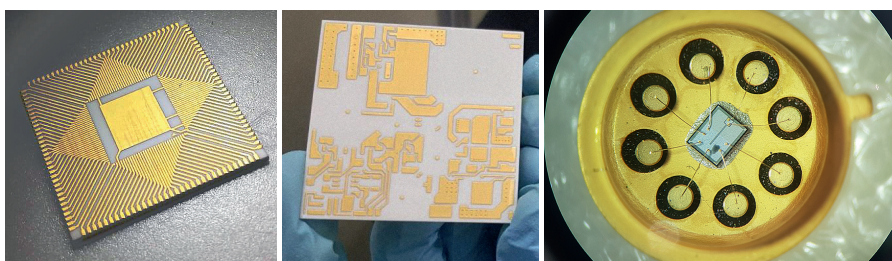


Рис. 5. Образцы продукции с покрытием никель-золото

Высокое качество печатных плат производства АО «ТЕСТ-ПРИБОР» достигается благодаря применению высококачественных трафаретов для печати, изготовленных из материалов с заданными характеристиками. Кроме того, в процессе производства обеспечивается строгий контроль физических параметров паст для печати, оптимально подбираются их состав, режимы нанесения и вжигания металлизации. Особое внимание уделяется проектированию оборудования и оснастки, обеспечивающих повторяемость изделий в партии по толщине и характеристикам металлизации и покрытия, а также равномерность гальванического и химического покрытия, насколько позволяют геометрические параметры изделия.

При производстве керамических изделий в АО «ТЕСТПРИБОР» применяют уникальные современные составы, что позволяет наносить как традиционные, так и редко используемые покрытия, например золотое толщиной более 2 мкм, выполненное химическим способом. Высокие характеристики достигаются также благодаря тщательному контролю качества всех выпускаемых изделий, который осуществляется в несколько этапов по многим параметрам.

149.01

Высокоточный навигационный приемник



На базе отечественного навигационного процессора K1888BC018

- ✦ Сантиметровая точность
- ✦ Миллиметровая точность в статике
- ✦ Работа в трехчастотных диапазонах:
ГЛОНАСС L10F, L20F, L30C
GPS L1 C/A, L2CM, L5
- ✦ Аппаратная поддержка Galileo, BeiDou и QZSS
- ✦ Темп навигационного решения 20 Гц
- ✦ Библиотека высокоточной навигации RTKLib





Точное земледелие



Геодезия



Строительство



Робототехника



Беспилотники



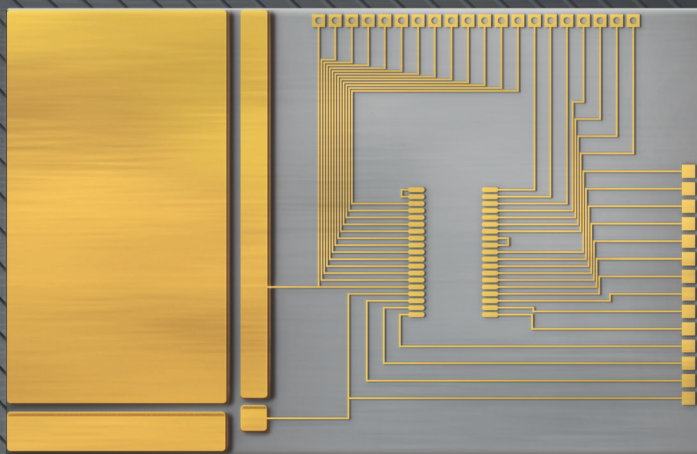
sales@module.ru www.module.ru

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ И ПОДЛОЖЕК

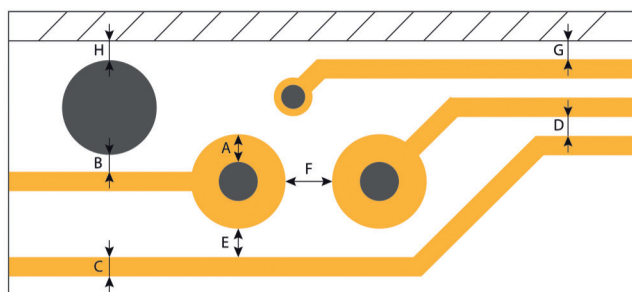
ТЕСТПРИБОР

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

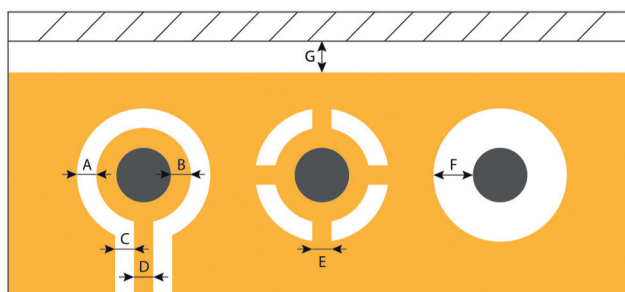
Al₂O₃ 96%
Al₂O₃ 99,6%
AlN



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИГНАЛЬНЫХ СЛОЕВ



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИЛОВЫХ СЛОЕВ



Наименование параметра	Керамические подложки с металлизацией на основе толстопленочной технологии	Керамические подложки с металлизацией на основе тонкопленочной технологии
Материал проводников и металлизации	W/Ni-Au или Mo/Ni-Au (Ni 5 мкм max, Au 0,5 мкм max)	TiW/Au; TaN/TiW/Au; TiW/Ni/Au; TaN/TiW/Ni/Au; TaN/NiW/Au/Cu/Ni/Au
Поверхностное сопротивление проводников	10,0 мОм/□	—
Сопротивление переходных отверстий размером (Ø0,2×0,25) мм	6,0 мОм	—
A	0,20	0,20/020
B	0,60	0,25/025
C	0,20	0,15/0,20
D	0,20/0,25	0,15/0,20
E	0,20/0,30	0,15/0,38
F	0,25/0,65	0,15/0,30
G	0,60/0,60	0,25/0,50
H	0,60/-	0,15/-